

J/ψ能区强子单举产生的实验研究

BES 合作组

白景芝	卞建国	柴正维	陈光培	陈宏芳 ¹
陈少敏	陈雅清	陈 宇	陈元柏	程宝森
丁慧良	杜志珍	范晓舲	方 建	高翠山
高树琦	顾建辉	顾树棣	顾维新	顾以藩
韩世温	韩 缨	何景棠	何 炬	何 瑞 ²
胡敬亮	胡琼辉	胡 涛	胡晓庆	黄秀萍
姜春华	金 山	金 艳	康书辉	柯尊建
兰慧彬	郎鹏飞	李 金	李佩琴	李 群
李蔚蔚	李卫东	李卫国	李新华	李小南
刘怀民	刘 靖	刘经华	刘 琦	刘荣光
刘振安	吕 峰	吕军光	鲁建业	罗栓群
马爱民	马恩成	马基茂	毛慧顺	毛泽普
倪蕙苓	聂 晶	漆纳丁	邱进发	屈云河
荣 刚	邵毓莺	沈本蔚	沈定力	沈 红
盛华义	史焕章	宋晓非	孙 舶	孙汉生

张达华	张德红	张会领	张建	张家文
张良生	张勤俭	张少强	张学尧 ²	张羽
赵棣新	赵海文	赵京伟	赵萌	赵维仁
郑建平	郑林生	郑志鹏	周光谱	周化十
周月华	朱启明	祝玉灿	朱永生	庄保安

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

1(中国科学技术大学近代物理系 合肥 230026)

2(山东大学物理系 济南 250100)

1997-03-12收稿

摘要

利用北京谱仪(BES)获取的 $2 \times 10^5 J/\psi$ 事例, 首次给出 J/ψ $K^\pm, K_s^0, \rho^0, K^{*0}, K^{*\pm}, \phi$ 等介子和 p, Ξ^\pm, Σ^\pm (1385) 等重子的单举产模型进行比较, 结果表明唯象模型向低能区的延拓是可行的. 同时区的奇异抑制因子 $s/u \sim 0.3$, 自旋抑制因子 $V/(V+P) \sim 0.3-0.4$, 在 Υ 能区的测量结果一致, 说明 $SU(6)$ 对称性破缺在 J/ψ 能区也是

关键词 单举产生, 事例判选, 不变质量, 唯象模型.

1 引言

部分子碎裂成强子的过程是高能物理研究中的一个重要课题. 对目前只能从单举实验和唯象理论两方面逐步加深对它的认识.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.

在中高能区, ARGUS、TPC、ALEPH、DELPHI 等实验组进行了大量

作, 给出了 $10\text{GeV}-90\text{GeV}$ 区间多个强子的单举产额^[1-3]. 其中, 德国 P

去病教授等也提出了“山东模型”^[8,9], 其在 Υ 能区的理论预言值(特别是很好^[8], 是一个较有希望的模型。

本文利用北京谱仪(BES)^[10]积累的大量数据, 将强子单举实验研究量了 J/ψ 能区多个介子和重子的单举产额, 并与唯象模型进行了比较。论和实验两方面加强对强子化机制的认识是很有意义的。

2 强子事例总数的确定和粒子分辨

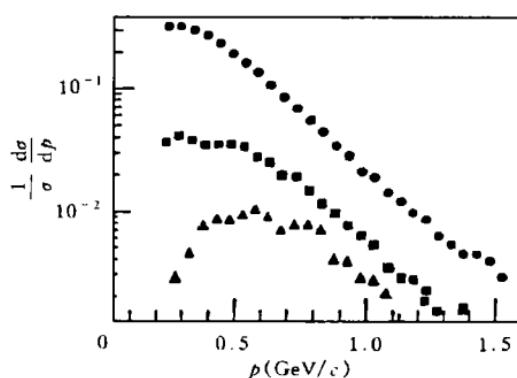
本文分析了 BES 在 J/ψ 共振区采集的 2×10^5 事例。其中含有大量本底、噪声等本底, 真正的 $J/\psi \rightarrow h's$ 事例仅约占其中一半。为了测量强子先要进行事例判选, 确定强子事例总数。

事例判选中采用了排除法。首先, 确定每一事例中带电径迹数, 之后分叉统计, 两叉以上(不含两叉)事例都作为强子事例保留, 0 叉、1 叉事例造成的事例损失将由效率修正补回。对两叉事例, 再逐步排除 Bhabha 子道事例以及宇宙线事例。具体的判选条件可参见文献 [11, 12]。

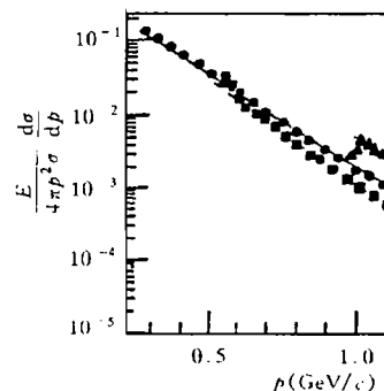
通过事例选择, 从 2×10^5 真实事例中挑出约 9×10^4 个强子事例。用 J/ψ 到强子末态的产生过程, 并通过 BES 探测器的蒙特卡罗模拟作效率。强子事例总数为 115293。考虑到 MC 模拟中有模型依赖问题, 因此又用插样本的方法进行了效率修正。数据样本取自 $\psi' \rightarrow \pi^+ \pi^- J/\psi$ 衰变道, 两种效率修正方法在 10% 误差范围内一致, 考虑到事例判选条件等其它因素, 强子事例总数误差为 $\pm 12\%$ 。

对于粒子分辨, 本文采用了通常的方法, 即主要利用飞行时间和 dE/dx 做 π 、 K 、 p 区分, 同时利用簇射计数器和 μ 子探测器进行 e 、 μ 分辨^[12]。

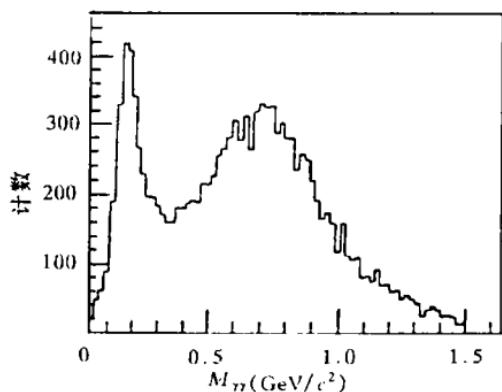
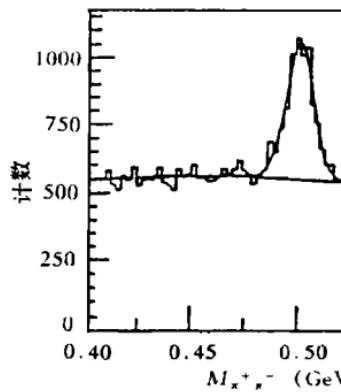
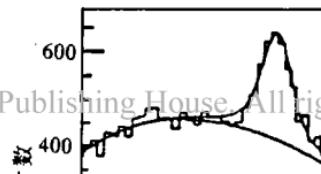
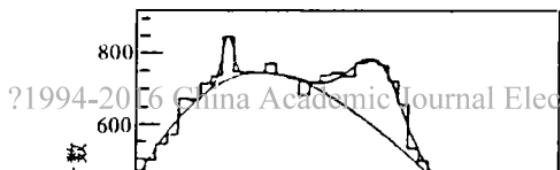
3 强子单举测量

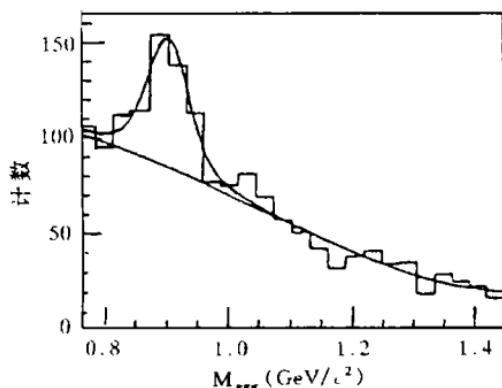
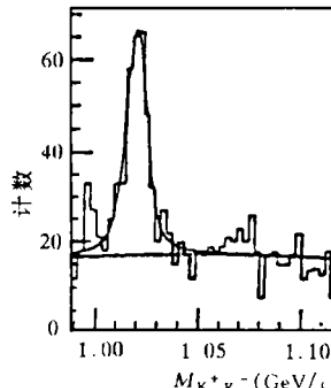
图1 π^\pm 、 K^\pm 、 p 动量谱

● π 、■ K 、▲ p .

图2 π^\pm 、 K^\pm 、 p 不

● π 、■ K 、▲ p .

图3 π^0 信号($\gamma\gamma$ 不变质量谱)图4 K_s^0 信号($\pi^+\pi^-$ 不

图7 K^{\pm} 信号(3π 不变质量谱)图8 ϕ 信号($K^+ K^-$ 不变质量谱)

K_s^0 信号由 $\pi^+ \pi^-$ 不变质量谱得到(图4). 根据 K_s^0 长寿命粒子的衰变选条件:

(1) 同一事例中有两根以上带电径迹;

(2) 至少有两根带电径迹被粒子分辨程序^[12]判别为 π ;

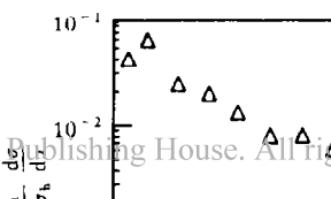
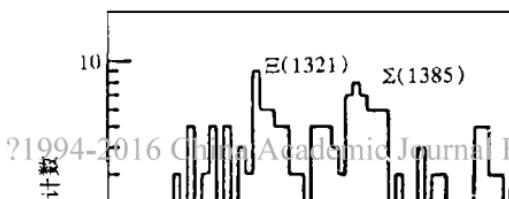
(3) 每个 $\pi^+ \pi^-$ 组合应该满足下面的 cut 条件:

i) xy 平面上, 由两径迹“交点”确定的次级顶点到对撞点的距离

ii) 两径迹对应于该“交点”的 z 坐标之差 $|\Delta z| < 2.5$ cm;

iii) xy 平面上, 次级顶点处两径迹合成的总动量方向与对撞点线方向保持一致.

同样, ρ^0 、 K^{*0} 、 $K^{*\pm}$ 、 ϕ 、 Ξ^\pm 和 Σ^\pm (1385) 的信号峰也是在各自衰变产中找到的, 见图 5—9. 具体的判选条件可参见文献 [12].



双光子道产生的强子截面则更小,故予以忽略.统计误差主要来自共振述分析,得到各强子共振态单举产额的最终结果,见表 2.

图 10 是 K_s^0 的单举微分截面随能量分数 XE 的变化曲线(能谱). 其中是粒子能量, \sqrt{S} 是质心系总能量. 微分截面的形式写成 $\frac{1}{\beta \cdot \sigma_h} \cdot \frac{d\sigma}{dx}$, 是关截面. 式中 σ_h 是 J/ψ 衰变到强子过程的总截面, X 是能量分数.

4 结果综述及与理论模型的比较

本文给出的各强子多重数的结果见表 2, 表中同时列出了山东模型论预期值.

4.1 奇异抑制和自旋抑制

根据强子多重数,可以算出奇异抑制因子 s/u 和自旋抑制因子 $V/(V+P)$ 两个因子,可以研究强子化过程中 $SU(6)$ 对称性的破缺.

ARGUS 实验组对这两个参数的测量结果分别是^[4]:

$$\begin{aligned} s/u &= 0.29 \pm 0.06(K^+ / 2\rho^0); & V/(V+P) &= 0.39 \pm 0.08(P^0 \\ &= 0.27 \pm 0.08(K/\pi); & &= 0.40 \pm 0.05(P^0 \\ &= 0.26 \pm 0.16(2\phi/K^+). & & \end{aligned}$$

根据本文的测量结果,可以给出 J/ψ 能区中上述参数值. 需要注意 s/u 和 $V/(V+P)$ 的粒子数应是直生强子数,而表 2 中的多重数是指衰变末态,包括了来自其它粒子衰变的次级产物,为此,用 JETSET 产生器进行了 J/ψ 能区 s/u 和 $V/(V+P)$ 比值分别为:

$$\begin{aligned} s/u &= 0.29 \pm 0.15(K^{*\pm} / 2\rho^0); \\ &= 0.28 \pm 0.11(K^{*0} / 2\rho^0); \\ &= 0.40 \pm 0.19(2\phi / K^{*\pm}); \\ &= 0.41 \pm 0.13(2\phi / K^{*0}); \end{aligned}$$

近,对于 π^\pm 、 K^\pm 、 π^0 、 ϕ 、 p 等粒子的平均多重数,则两者在误差范围内—唯象模型在延拓到低能区后也是适用的,和实验数据有可比性.当然,精确检验,还必须对能谱、味道关联、快度关联等一些对模型敏感的量研究.

表2 J/ψ 能区强子平均多重数

粒 子	BES	山东模型
$\pi^+ + \pi^-$	3.02 ± 0.45	3.04
$K^+ + K^-$	0.39 ± 0.08	0.32
π^0	1.59 ± 0.22	1.70
ϕ	0.020 ± 0.005	0.025
ρ^0	0.198 ± 0.063	0.279
K_s^0	0.120 ± 0.018	0.157
$K^{*0} + \bar{K}^{*0}$	0.097 ± 0.025	0.142
$K^{*+} + \bar{K}^{*-}$	0.100 ± 0.043	0.141
$p + \bar{p}$	0.11 ± 0.03	0.101
$\Xi^- + \bar{\Xi}^+$	0.0041 ± 0.0012	0.0043
$\Sigma^-(1385) + \bar{\Sigma}^+(1385)$	$(2 \pm 1.5) \times 10^{-3}$	0.00237
$\Sigma^+(1385) + \bar{\Sigma}^-(1385)$	$(2 \pm 1) \times 10^{-3}$	0.00244

感谢北京正负电子对撞机岗位上的有关同志,特别是计算机中心工作的支持.本工作进行过程中,与山东大学物理系的谢去病教授、Lun教授、Dortmund 大学的 D. Wegener 教授等在理论模型方面进行过多次对他们所给予的支持和帮助表示诚挚的谢意.

参 考 文 献

- [1] H. Albrecht *et al.* (ARGUS), *Z. Phys. C* **39**(1988) 177; **C41**(1989) 557; **C44**(1989) 111; H. Albrecht *et al.* (ARGUS), *Phys. Lett. B* **236B**(1990) 102; **230B**(1989) 349; **215B**(1988) 429; R. A. Arndt *et al.*, *Phys. Rev. D* **42**(1990) 2599; R. A. Arndt *et al.*, *Phys. Rev. D* **31**(1985) 2707.

- [14] 方伟贞, ψ (2S)共振参数的测量, 硕士论文, 高能物理研究所, 1995.
- [15] 余志堂, J/ψ 衰变中强子产生的研究, 硕士论文, 高能物理研究所, 1995.
- [16] 许榕生、张学尧、李群, 共振峰拟合, BES 内部报告, 1990.

Experimental Study of Hadron Inclusive Production in J/ψ Region

BES Collaboration

Bai Jingzhi Bian Jianguo Chai Zhengwei Chen Guangpei Che
Chen Jiangchuan Chen Shaomin Chen Yaqing Chen Yu C
Cheng Baosen Cui Xiangzong Ding Huiliang Du Zhizhen D
Fang Jian Gao Cuishan Gao Meili Gao Shuqi Gu Jianhui
Gu Weixin Gu Yifan Guo Yanan, Han Shiwen Han Ying
He Ju He Mao² Hu Guiyun Hu Jingliang Hu Qionghua
Hu Xiaoqing Huang Xiuping Huang Yinzhi Jiang Chunhua
Jin Yan Kang Shuhui Ke Zunjian Lai Yuanfen
Lang Pengfei Li Jin Li Peiqin Li Qun Li Rubo Li Wei
Li Weiguo Li Xinhua Li Xiaonan Lin Shuzi Liu Huaimin
Liu Jinghua Liu Qi Liu Rongguang Liu Yan Liu Zhen'an
Lü Junguang Lu Jianye Luo Shuanqun Luo Yong
Ma Encheng Ma Jimao Mao Huishun Mao Zepu Meng
Ni Huiling Nie Jing Qi Nading Qiu Jinfa Qu Yunhe Q
Rong Gang Shao Yuying Shen Benwei Shen Dingli
Shen Xiaoyan Sheng Huavi Shi Huanzhang Song Xiaofei

Zhang Xueyao² Zhang Yu Zhang Yueyuan Zhao Dixin Z
Zhao Jingwei Zhao Meng Zhao Weiren Zhao Xin² Zhe
Zheng Linsheng Zheng Zhipeng Zhou Guangpu Zhou Huash
Zhou Yuehua Zhu Qiming Zhu Yucan Zhu Yongsheng Zhe

(Institute of High Energy Physics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

1(Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

2(Department of Physics, Shandong University, Jinan 250100)

Received 12 March 1997

Abstract

The mean multiplicities of mesons $\pi^\pm, \pi^0, K^\pm, K_s^0, \rho^0, K^{*0}, K^{*\pm}, \phi$, Ξ^\pm, Σ^\pm (1385) are measured for the first time in J/ψ region with events collected by the BES detector. The results are compatible with Shandong phenomenological models. Based on the experimental results suppression factor s/u and spin suppression factor $V/(V+P)$ are ~ 0.3 and $\sim 0.3-0.5$ respectively, in good agreement with those given by the CERN NA3 Collaboration in Υ region. This indicates that the $SU(6)$ breaking is in the energy region from J/ψ to Υ .

Key words inclusive production, event selection, invariant nological model.